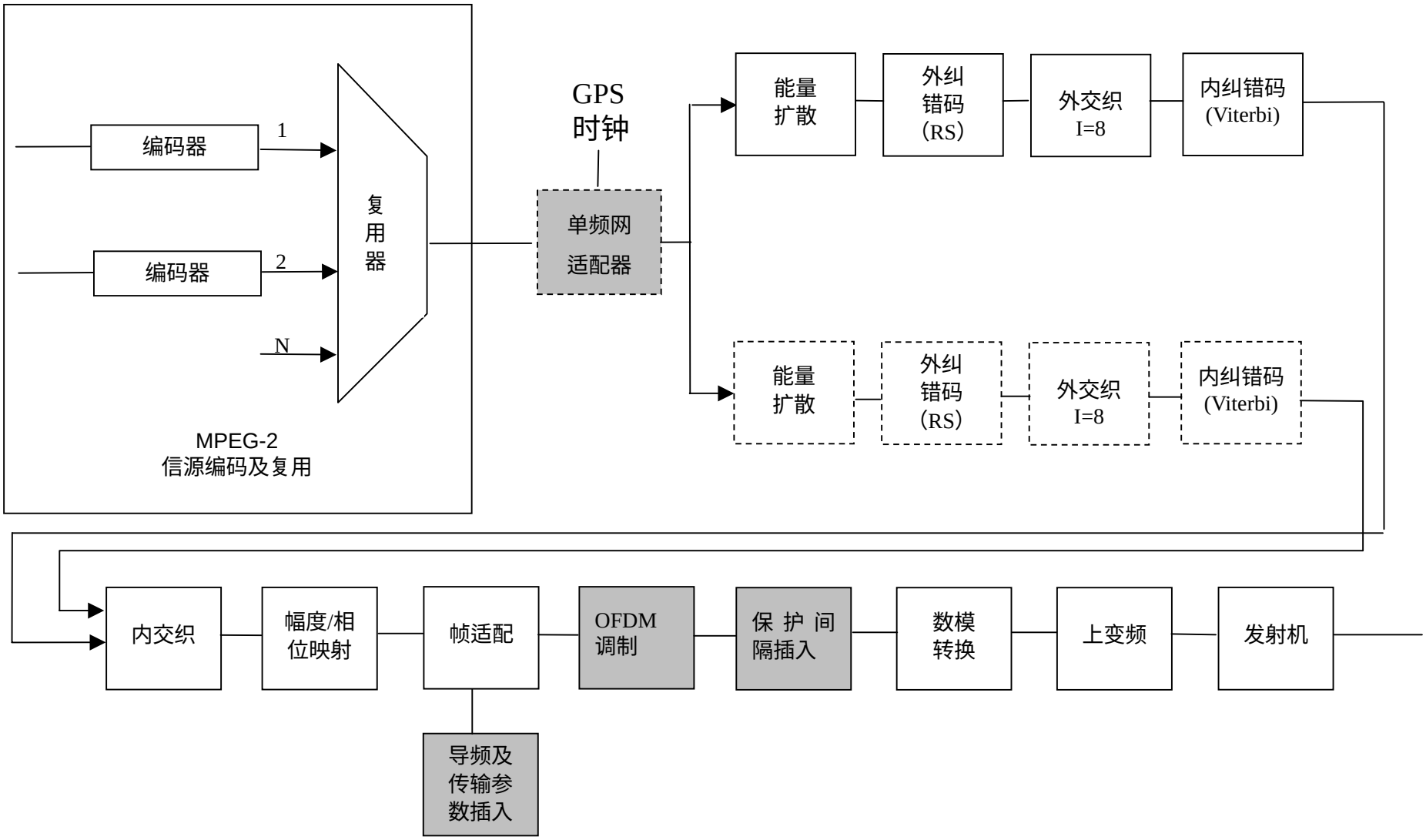
第一章：DVB-T 系统综述

前言

DVB-T 是指利用开路地面传输媒介进行 MPEG-2 数字电视的传输的标准，由于地面电视传输的特殊环境，经过多年的研究论证，参与 DVB 组织的专家们选定 COFDM 码分正交频分复用的信道调制技术，同时伴随着强大的纠错码，达到频谱利用效率与传输可靠性的平衡。COFDM 信道调制编码技术提供 2 种子载波数量 2k 和 8k 模式，3 种调制方式，4 种保持间隔，支持小范围和大范围的单频网运行（SFN），同样一路数字电视节目，可以通过多个发射机的同一频率同时接收，以提高接收效果。系统可以支持目前模拟电视系统的 8MHz 带宽，以及 7MHz 和 6MHz 带宽。为了防止反射干扰以及接收来自多个同频发射机的信号，引入了**保护间隔**的概念；为了适应不同环境的传输，系统支持**等级调制**。

一、 DVB-T 系统框图


编码器
1
编码器
2
N
复用器
MPEG-2
信源编码及复用
GPS
时钟
单频网
适配器
能量扩散
外纠错码(RS)
外交织 I=8
内纠错码(Viterbi)
能量扩散
外纠错码(RS)
外交织 I=8
内纠错码(Viterbi)
内交织
幅度/相位映射
帧适配
OFDM调制
保护间隔插入
数模转换
上变频
发射机
导频及传输参数插入

上面为 DVB-T 系统框图，单频网适配器之后部分，发射机之前部分通常称为 **DVB-T 调制器**或 **DVB-T 激励器**，激励器可以中频输出或射频输出，其信号进行预放和功放后传向天线发射，下面对各个部分进行简单描述。

（1） 信源编码及复用

该部分与数字有线电视 DVB-C 及数字卫星电视 DVB-S 相同，它对多路数字音频及数据进行复用，合成多节目传输流（MPTS）。在复用器中插用 EPG 电子节目菜单，根据管理及服务模式对全部节目或部分节目进行加扰、加密，复用器的输出信号可以传送到 DVB-T 的调制器激励器加入信道纠错及 COFDM 调制。

（2） 单频网适配器

该设备的作用是将来自全球定位系统（GPS）的标准频率及时间插入到数字电视传输流当中，为单频网（SFN）提供标准频率及时间信号，插入 GPS 时钟后的 TS 流当中含有 MIP 包。当采用多频网（MFN）时该设备可以省略。

（3） 等级调制

从单频网适配器出来的信号被一分为二，DVB-T 根据传输环境的不同，分别实行不同的信道纠错保护，一个码流可以采用较强的纠错码，利用抗干扰强的调制方式如 QPSK，但码流率较低；另一个码流可以采用较弱的纠错码，利用抗干扰弱的调制方式，例如 16QAM，码流率较高，接收机通常可以根据应用不同，选择接收任何一个载波。

（4） 能量扩散

从复用器或单频网适配器出来的传输流有可能包含连续的 0 和 1，使信号含有直流分量，造成接收解码困难，能量扩散的目的是采用随机的方法将这些连续的 0 或 1 分散开来。

（5） 外码纠错

这部分纠错与 DVB-C 及 DVB-S 相同，采用 Reed Solomon 纠错，简称 RS 码。它在 MPEG2 数字电视传输流 188 字节上，加入 16 个字节的冗余纠错码，构成一个 204 字节长度的传输流，该纠错码主要面向突发性连续错误。

（6） 外交织

外交织纠错也叫 Forney 卷机交织，其功能是将连续的错误打散，让它们平均分布在多个 188 传输包码流当中，以提高上面的外纠错码的纠错效率。

（7） 内纠错码

内纠错码也称 Viterbi 纠错码。上面所说的 RS 纠错码是面向 188 长度的传输包进行纠错的，而 Viterbi 纠错码是面向比特的纠错码。根据加入的冗余码长度，可以分成 1/2、2/3、3/4、5/6、7/8 四种。1/2 具有最强的纠错码能力，但是其保护码与有用码比例为 1 比 1，带宽比较浪费，7/8 的保护码只占有用的八分之一，带宽利用率高，但是纠错能力弱。

（8） 内交织编码

这里包括比特交织及字符交织两部分。比特交织是将从内纠错 Viterbi 编码输出的二路码流，分别按照 QPSK，16QAM 和 64QAM 的要求交织成为二路，四路及六路比特流，然后将分别含有 2 比特，4 比特和 6 比特的字符映射到 2k 模式中的 1512 个载波或 8k 模式中的 6048 个载波中，再实现字符交织（Symbol Interleaving）。

（9） 幅度相位映射

该功能将上面分别由 2 比特，4 比特和 6 比特构成的字符，依据 QPSK，160QAM 和 64QAM 三种不同的调制方式，进行幅度和相位的影射。

（10） 导频及传输参数信令插入

传输参数信令（**TPS**）描述了 DVB-T 系统的主要传输参数，它包括：2k 或 8k 模式，QPSK，16QAM，64QAM 调试方式，保护间隔，等级调制参数 Alfa，内纠错 Viterbi 码等。导频信号（**Pilots**）的插入是为了方便接收机对接收信号的幅度及相位进行估算，提高接收质量。它包含连续导频信号（**Continual Pilots**）和离散导频信号（**Scattered Pilots**）

(11)COFDM 调制

COFDM 调制也称反向快速富里叶变换（**IFFT**），它实现了将 I.Q 信号向 2k 模式 1512 个载波或向 8k 模式的 6048 个载波的转换。我们知道，一个时域信号可以将分解成无穷多个频域信号的叠加，这一过程简单来讲就是正交频分复用调制（COFDM），而这一过程在数学上等效为进行一个反向快速富里叶变换。

（12） 保护间隔插入

为了克服反射波的干扰以及来自多个发射机的多波效应，我们将每一帧最后一个字符进行重复，重复长度可以是有用字符长度的 1/4、1/8、1/16、和 1/32，以防止由于多路反射及尚造成第 N-1 个字符与第 N 个字符

的重叠，这就是保护间隔。

二、 DVB-T 系统的主要参数

DVB-T 系统中可以调节的参数如下：
1、内纠错码率 FEC（1/2，2/3，3/4，5/6，7/8）
2、子载波调制方式（QPSK，16QAM，64QAM）
3、保护间隔（1/4，1/8，1/16，1/32）
4、等级调调制参数（α=1，非等级，α=2, 4 等级）
5、载波数量(2k=1705 个载波，8k=6817 个载波)

DVB-T 系统的可用净码流传输率可以采用如下公式计算:

$$Ru=Rs \times b \times CRv \times CRrs \times (Tu/Ts)$$

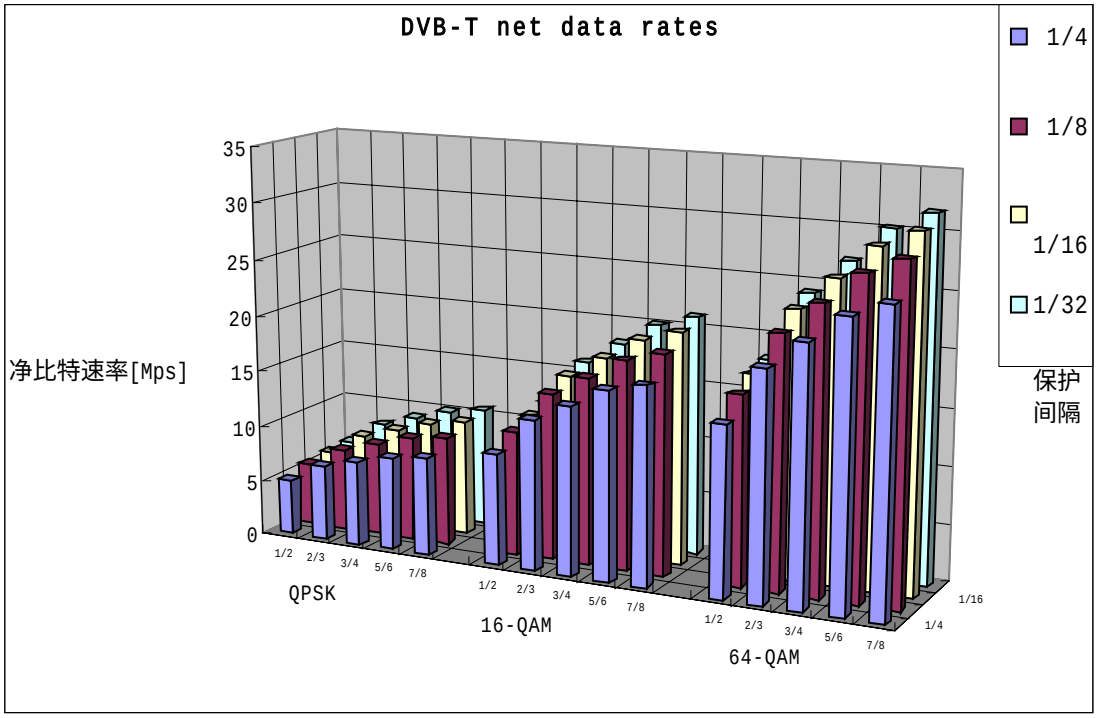
Ru：可用净码流比特率(Mb/s)
Rs：字符率 6,75MS/s，它是有用数据载波数量与字符长度的倒数之积，例如：8k 模式中 6048/896uS，2k 模式中 1512/224uS
b：子载波比特数,QPSK 时 b=2, 16QAM 时 b=4，64QAM 时 b=6
CRv：内纠错码率(1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)
CRrs：RS 纠错码, 188/204
Tu：有用字符长度
Ts：保护间隔字符及有用字符总长度，对于保护间隔 1/4, 1/8, 1/16, 1/32
(Tu/Ts) 分别等于 4/5, 8/9, 16/17, 32/33

根据上面的公式,我们不难计算出 DVB-T 系统中可能出现的所有可用净码流比特率:

调制方式	内纠错码	保护间隔			
		1/4(224uS)	1/8(112uS)	1/16(56uS)	1/32(28uS)
QPSK	1/2	4.98Mb/s	5.53 Mb/s	5.85 Mb/s	6.03 Mb/s
	2/3	6.64 Mb/s	7.37 Mb/s	7.81 Mb/s	8.04 Mb/s
	3/4	7.46 Mb/s	8.29 Mb/s	8.78 Mb/s	9.05 Mb/s
	5/6	8.29 Mb/s	9.22 Mb/s	9.76 Mb/s	10.05 Mb/s
	7/8	8.71 Mb/s	9.68 Mb/s	10.25 Mb/s	10.56 Mb/s
16 QAM	1/2	9.95 Mb/s	11.06 Mb/s	11.71 Mb/s	12.06 Mb/s
	2/3	13.27 Mb/s	14.75 Mb/s	15.61 Mb/s	16.09 Mb/s
	3/4	14.93 Mb/s	16.59 Mb/s	17.56 Mb/s	18.10 Mb/s
	5/6	16.59 Mb/s	18.43 Mb/s	19.52 Mb/s	20.11 Mb/s
	7/8	17.42 Mb/s	19.35 Mb/s	20.49 Mb/s	21.11 Mb/s
64 QAM	1/2	14.93 Mb/s	16.59 Mb/s	17.56 Mb/s	18.10 Mb/s
	2/3	19.91 Mb/s	22.12 Mb/s	23.42 Mb/s	24.13 Mb/s
	3/4	22.39 Mb/s	24.88 Mb/s	26.35 Mb/s	27.14 Mb/s
	5/6	24.88 Mb/s	27.65 Mb/s	29.27 Mb/s	30.16 Mb/s
	7/8	26.13 Mb/s	29.03 Mb/s	30.74 Mb/s	31.67 Mb/s

表一

采用立体图形进行表达如下：



表二

从表一和表二中可以看出，净码流比特率随着内纠错码的提高而提高，随着保护间隔的减小而提高，随着调制效率 QPSK 16QAM 64QAM 的提高而提高，左上角的 4.98Mb/s 传输效率最低，但是最抗干扰的工作模式，对应着 QPSK 调制，保护间隔 1/4，内纠错码 1/2，右下角的 31.67Mb/s 对应着最高效的工作模式，64QAM，保护间隔 1/32，纠错码 7/8，但是信道最脆弱，抗干扰能力弱。